Journal of Aquatic Ecology
ISSN Print: 2322-2751 ISSN Online: 2980-9355
Homepage: https://jae.hormozgan.ac.ir

Assessment of Water Quality in Sirvan River (Kurdistan) Based on Zooplanktonic Biological indices (2023-2024)

Rahimeh Rahmati[1]✉, Fatemeh Sadat Tahami[1], Behzad Rahnama[1], and Marziyeh Rezaei[1]

Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 27 August 2025
Accepted: 13 May 2026
Published: 11 November 2026

✉**Corresponding Author:**
rahmati764@gmail.com

Keywords:
Biological index,
Sirvan River,
Water Quality,
Zooplankton.

ABSTRACT

This study assessed water quality in the Sirvan River, Kurdistan Province, Iran, including its Gavrood and Qeshlaqrood headwaters, using zooplankton diversity and density, together with the Shannon diversity and saprobic indices. Sampling was conducted at six stations over a one-year period (2023–2024), during which 24 zooplankton taxa belonging to four major groups—Ciliophora, Rotifera, Cladocera, and Copepoda—were identified. Zooplankton density at Stations 3 and 4 differed distinctly from that at the other stations. Shannon diversity index values ranged from 0.74 to 1.95, suggesting moderate to high levels of pollution, while saprobic index values ranged from 1.36 to 2.08, indicating predominantly moderate organic pollution. Station 4 exhibited not only a distinct zooplankton density pattern but also the highest seasonal mean saprobic index, suggesting greater organic pollution at this location. Zooplankton communities during winter also differed notably from those observed in other seasons. The absence of significant spatial variation in Shannon diversity throughout the study period suggests that pollution levels, as reflected by this index, were relatively consistent among stations. Overall, saprobic index values indicated that most sampling stations fell within the β-mesosaprobic category, corresponding to moderate organic pollution.

CC BY NC

Publisher: University of Hormozgan

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Zooplankton are valuable bioindicators of aquatic environmental conditions, particularly organic pollution, because changes in water quality can alter community composition, diversity, and abundance. Pollution-tolerant taxa may become more abundant under degraded conditions, whereas pollution-sensitive taxa may decline or disappear. Consequently, examining zooplankton communities can provide useful insights into the ecological condition of aquatic ecosystems. The Sirvan River basin, located near the Zhaveh Dam in Kurdistan Province, Iran, is an important freshwater system. Although the dam was constructed primarily to support agricultural and industrial activities, it has not yet been filled. This study represents the second biological monitoring assessment of the river basin, following the initial survey conducted in 2020–2021. The present study aimed to evaluate water quality and organic pollution levels in the Sirvan River basin by examining zooplankton diversity and density and applying the Shannon diversity and saprobic indices.

Materials and Methods

Water samples (60 L per station) were collected from six sampling stations and filtered through a plankton net with a mesh size of 50 µm. The collected samples were examined in the laboratory using an inverted microscope, and zooplankton were identified to the lowest possible taxonomic level using established identification keys. Zooplankton community composition, density, and biomass were evaluated, and water quality was assessed using the Shannon diversity and saprobic indices. Statistical analyses were conducted using SPSS version 22. Data were normalized before analysis, and differences among stations and sampling periods were evaluated using analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's multiple range test where appropriate.

Results

A total of 24 zooplankton taxa representing four major groups were identified: Rotifera (50%), Ciliophora (29%), Cladocera (8%), and Copepoda (13%). Rotifera dominated the zooplankton communities at Stations 1, 2, and 6, whereas Ciliophora were dominant at Stations 3, 4, and 5. Significant differences in zooplankton density and biomass were observed at Stations 3 and 4 ($p < 0.05$). Station 4 also exhibited seasonal variation, particularly in March. Shannon diversity index values ranged from 0.74 to 1.95, with the highest value recorded at Station 6 during summer and the lowest at Station 2. However, differences in Shannon diversity among stations were not statistically significant ($p > 0.05$). Saprobic index values ranged from 1.36 to 2.08, indicating predominantly moderate organic pollution, with most stations classified within the β-mesosaprobic category. Station 2 during summer was the exception to this classification.

Conclusion

The study identified 24 zooplankton taxa in the Sirvan River basin, with Rotifera contributing the greatest proportion of taxonomic richness. Stations 3 and 4 showed distinct patterns in zooplankton density and biomass, consistent with observations from the previous monitoring assessment. Shannon diversity values at Stations 3 and 4 were 1.21 and 1.30, respectively, compared with 1.04 previously reported for Station 4, suggesting a potential improvement in community diversity at this station. However, these differences should be interpreted cautiously because spatial differences in Shannon diversity were not statistically significant. Station 6 recorded the highest diversity, whereas saprobic index values indicated that moderate organic pollution remained prevalent throughout most of the study area. The shift in saprobic

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

classification at Stations 3 and 4 from α-mesosaprobic to β-mesosaprobic conditions suggests a possible reduction in organic pollution compared with the previous monitoring period. Community composition provided additional evidence of spatial differences in environmental conditions. Ciliophora, particularly *Vorticella similis*, were prominent at Stations 2, 3, 4, and 6, while *Epistylis* sp. was prevalent at Station 5. In contrast, Ciliophora were not dominant at upstream Station 1, where Rotifera were more abundant. The dominance of *V. similis* at Station 3 during autumn and spring coincided with lower Shannon diversity and higher saprobic index values, suggesting an association with less favorable water quality conditions. Bdelloid rotifers, which include taxa with relatively high tolerance to environmental stress, were recorded at all stations, particularly Stations 2 and 6. Cladocera and Copepoda were comparatively scarce, potentially reflecting unfavorable environmental conditions, although further investigation would be needed to establish the factors responsible for their low abundance.

Overall, the findings indicate that organic pollution remains an important concern in the Sirvan River basin, with the prevalence of pollution-tolerant taxa suggesting ecological stress at some sampling locations. Treated wastewater discharges, agricultural runoff, and domestic effluents may contribute to the observed conditions; however, their relative contributions require further assessment through complementary water-quality monitoring. Continued biological and physicochemical monitoring, together with improved wastewater management and control of agricultural and domestic discharges, will be important for protecting zooplankton communities and maintaining the river's ecological integrity and natural self-purification capacity.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

بوم‌شناسی آبزیان
شاپا چاپی: ۲۷۵۱-۲۳۲۲ شاپا الکترونیکی: ۹۳۵۵-۲۹۸۰
https://jae.hormozgan.ac.ir

بررسی کیفیت آب رودخانه سیروان (کردستان) بر اساس شاخص‌های زیستی زئوپلانکتونی (۱۴۰۳-۱۴۰۲)

رحیمه رحمتی[۱]✉، فاطمه سادات تهامی[۱]، بهزاد رهنما[۱] و مرضیه رضایی[۱]

۱- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، فرح‌آباد، ساری، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۳
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۸/۲۰

نویسنده مسئول:
rahmati764@gmail.com

کلیدواژه‌ها:
رودخانه سیروان،
زئوپلانکتون،
شاخص‌زیستی،
کیفیت آب.

چکیده

زئوپلانکتون‌ها یکی از اعضای مهم زنجیره غذایی در اکوسیستم‌های پلاژیک می‌باشند و می‌توانند در پیش‌بینی تغییرات کوتاه‌مدت تا بلندمدت اکوسیستم‌های آبی مفید واقع شوند.مطالعه حاضر با هدف تعیین کیفیت آب رودخانه سیروان کردستان، با سرشاخه‌های گاوه‌رود و قشلاق‌رود، با استفاده از بررسی تنوع و تراکم زئوپلانکتون‌ها و نیز بهره‌گیری از شاخص‌های زیستی شانون و ساپروبی زئوپلانکتونی، به مدت یک سال در ۶ ایستگاه در ۱۴۰۲-۱۴۰۳ انجام شد. ۲۴ تاکسون زئوپلانکتونی متعلق به سیلیوفورا (Ciliophora)، روتیفرا (Rotifera)، کلادوسرا (Cladocera) و کوپه‌پودا (Copepoda) شناسایی شد. تراکم زئوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های ۳ و ۴ در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها شرایط متفاوتی را نشان دادند. مقادیر شاخص تنوع شانون در این مطالعه در محدوده ۱/۹۵-۰/۷۴، حاکی از آلودگی متوسط و زیاد بود. مقادیر شاخص آلودگی آلی ساپروبی در این مطالعه در محدوده ۲/۰۸-۱/۳۶، حاکی از شرایط آلودگی اغلب متوسط بود. ایستگاه ۴ نه تنها شرایط متفاوتی در تراکم، بلکه بالاترین متوسط فصلی شاخص ساپروبی (آلودگی آلی) را نیز نشان داد. در این مطالعه جمعیت زئوپلانکتون‌ها در فصل زمستان متمایز از سایر فصول بوده است و عدم تفاوت معنادار شاخص تنوع شانون بین ایستگاه‌ها در طول سال حاکی از پایداری آلودگی آلی در طول رودخانه می‌باشد. درمجموع وضعیت آلودگی آلی ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر مبنای شاخص ساپروبی در غالب موارد در شرایط بتا مزوساپروب (آلودگی متوسط) بوده است.

ناشر: دانشگاه هرمزگان.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

مقدمه

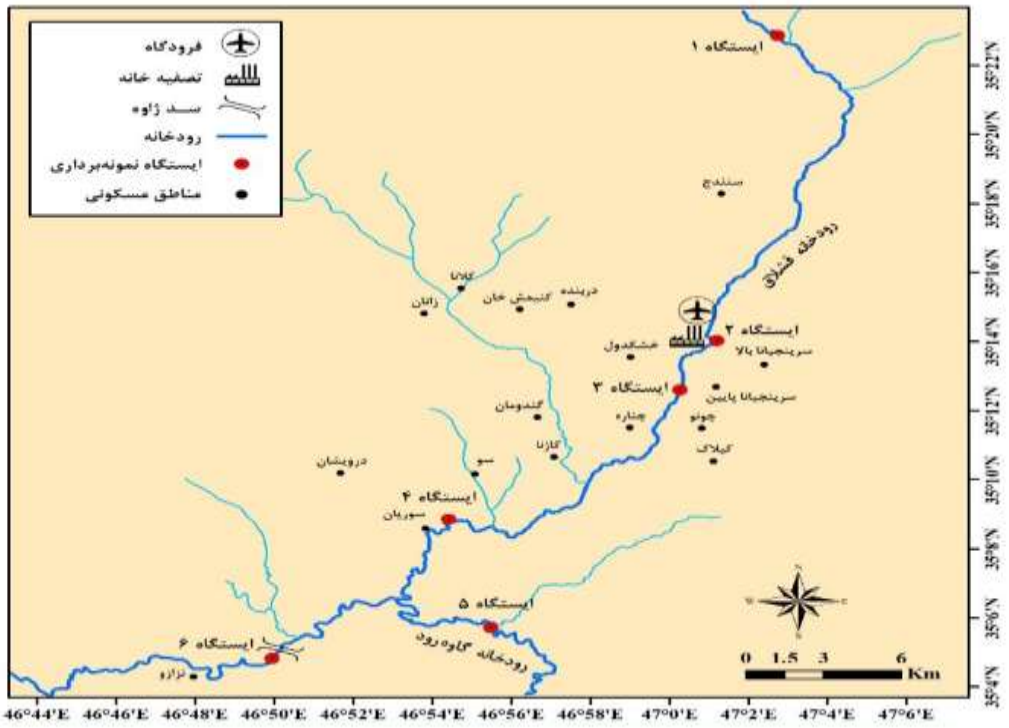
امروزه با آگاهی از ساختار و عملکرد چرخه جوامع زیستی اکوسیستم‌های آبی، می‌توان مدیریت بهتری را بر شرایط ناپایدار و آلودگی‌های محیط زیستی این اکوسیستم‌ها انجام داد (Ekpo, 2013). زئوپلانکتون‌ها یکی از اعضای مهم زنجیره غذایی در اکوسیستم‌های پلاژیک می‌باشند و می‌توانند در پیش‌بینی تغییرات کوتاه‌مدت تا بلندمدت اکوسیستم‌های آبی مفید واقع شوند (Cadjo *et al*., 2007). زئوپلانکتون‌ها به دلیل اندازه کوچک، چرخه کوتاه تناوب نسل و رشد سریع، اغلب اوقات تحت تأثیر تغییرات زیست‌محیطی اطراف خود قرار می‌گیرند. همچنین این موجودات دارای سیکل زندگی طولانی‌تر نسبت به فیتوپلانکتون‌ها و سیکل کوتاه‌تر نسبت به زوبنتوزها می‌باشند، این امر آن‌ها را یکی از حساس‌ترین عوامل اکوسیستم‌های آبی نموده است (Yermolaeva and Dvurechenskaya, 2016). این ویژگی‌ها سبب شده که این موجودات به‌عنوان نشانگرهای زیستی از پتانسیل بالایی برخوردار باشند(Parveen *et al*., 2013). زئوپلانکتون‌ها می‌توانند شاخص خوبی برای تغییرات محیطی ناشی از فعالیت‌های تأثیرگذار باشند، زمانی که گونه‌های مقاوم در آن‌ها نرخ رشد جمعیتی بالایی را نشان می‌دهند، گونه‌های حساس آن‌ها به آلودگی عموماً حذف می‌شوند(Cai *et al*., 2020) . تغییر در شرایط حضور زئوپلانکتون‌ها بر ترکیب گونه‌ای، شاخص‌های کمی و ساختار جمعیت تأثیر می‌گذارد. موقعیت میانی که توسط آن‌ها اشغال می‌شود، از آن‌ها شاخص‌های بالقوه ارزشمندی جهت تعیین سطح یوتروفی و سلامت کلی اکوسیستم می‌سازد (Zhang *et al*., 2020) و موضوع مطالعات متعددی در اکوسیستم‌های آبی بوده است. Kamali Sanzighi و Mousavi nadushan در ۲۰۱۵ به ارزیابی جوامع زئوپلانکتونی و شاخص ساپروبی استخرهای پرورش کپور ماهیان در شهر گنبدکاووس پرداختند. در این تحقیق زئوپلانکتون‌های غالب استخرها شناسایی و تعیین کلاسه کیفی آب به کمک آن‌ها انجام شد (Kamali Sanzighi and Mousavi Nadushan, 2015) . Vatsal و Jindal (۲۰۰۵) از پلانکتون‌ها به‌عنوان زیست مانیتورهای ساپروبی استفاده نمودند. پروتوزوآ، روتیفرا، کوپه‌پودا، کلادوسرا و لارو حشرات در میان زئوپلانکتون‌ها توالی را در شرایط ساپروبی مختلف نشان دادند که آن‌ها بر اساس حضور، عدم حضور، فراوانی و فرکانس حضور این گونه‌ها، بیواندیکاتورهای ساپروبی را طراحی نمودند (Jindal and Vatsal, 2005) . Cadjo و همکاران (۲۰۰۷) زئوپلانکتون‌های مخزن سد پاتپک در صربستان را مطالعه نمودند، در این تحقیق از طریق آنالیز کیفی حضور ۳۸ جنس از آن‌ها و از طریق آنالیز کمی غالبیت برخی گونه‌ها مشخص شد. در این مطالعه نتیجه گرفته‌شده است که بیشترین تعداد ارگانیسم‌های شاخص متعلق به گونه‌های الیگوساپروب و بتامزوساپروب می‌باشند. مقادیر شاخص ساپروبی در این منطقه نیز از ۱/۶ در سد (الیگوبتامزوساپروب) تا ۱/۸ در قسمت مرکزی مخزن سد (بتامزوساپروب) متفاوت بود (Cadjo *et al*., 2007). مطالعاتی نیز توسط Yermolaeva و Dvurechenskaya (۲۰۱۶) و Cai و همکاران (۲۰۲۰) در این زمینه انجام شد که در مطالعه اول بر استفاده از شاخص‌های زئوپلانکتونی اختصاصی هر منطقه و در مطالعه دوم بر استفاده از شاخص‌های زئوپلانکتونی در آنالیز سلامت اکوسیستم آب شیرین تأکید شده است. سد ژاوه بر روی رودخانه سیروان (استان کردستان)، بعد از تلاقی دوشاخه اصلی گاوه رود و قشلاق، باهدف استفاده در بخش‌های کشاورزی و صنعت ساخته‌شده و تاکنون آبگیری نشده است. نخستین پایش بر این رودخانه در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد که نتایج آن حاکی از پایداری آلودگی در طول رودخانه بر مبنای شاخص شانون و شرایط آلفا و بتا مزوساپروب (آلودگی متوسط-شدید) بر مبنای شاخص ساپروبی بود. شاخه قشلاق با سهم حدود ۴۳ درصد آورد ورودی به مخزن سد به دلیل مجاورت با سنندج و صنایع اطراف این شهر، پذیرای حجم زیادی از فاضلاب‌های شهری و صنعتی است و در حاشیه شاخه گاوه رود نیز باغات و زمین‌های کشاورزی وجود دارد. ارزیابی مستمر سلامت اکوسیستم رودخانه نقش راهبردی را در کاهش آسیب ها و احیای

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

کیفیت آن پیش از آبگیری مخزن سد ایفا می کند. لذا این مطالعه با این فرضیه که در پایش رودخانه ، استفاده از شاخص‌های زیستی می‌تواند تصویر دقیق‌تری از تغییر وضعیت سلامت اکوسیستم آبی ارائه دهد انجام شده است . از نشانگر زیستی (زئوپلانکتون) جهت پایش کیفیت آب این رودخانه و از شاخص ساپروبی به‌عنوان کاربردی‌ترین شاخص تخمین درجه آلودگی آلی آب بر مبنای این نشانگر، استفاده شده است (Yermolaeva and Dvurechenskaya, 2016). این مطالعه برای بار دوم جهت پایش تراکم و تنوع زئوپلانکتون‌ها ، گونه های غالب آن ها و همچنین تعیین کیفیت آب با استفاده از شاخص‌های زیستی شانون و ساپروبی در سرشاخه های رودخانه سیروان انجام‌شده است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه ۶ ایستگاه (نام ایستگاه: موقعیت جغرافیایی) شامل ایستگاه ۱ (بالادست قشلاق: X=352236 Y=470112)، ایستگاه ۲ (قشلاق (قبل از تصفیه خانه): X=351622 Y=472619)، ایستگاه ۳ (قشلاق (بعد از تصفیه‌خانه): X=351212 Y=465933)، ایستگاه ۴ (قبل از تلاقی گاوه‌رود و قشلاق‌رود: X=350808 Y=465359)، ایستگاه ۵ (گاوه‌رود: X=350504 Y=465521) و ایستگاه ۶ (جلوی سد:X=350352 Y=464951) انتخاب شدند. نمونه‌برداری از تابستان ۱۴۰۲ تا بهار ۱۴۰۳ انجام شد . برای ایستگاه ۱ نمونه برداری فصلی (با توجه به موقعیت آن در بالادست کمتر از سایر ایستگاه ها در معرض ورود پساب ها قرار می گیرد و به نوعی ایستگاه شاهد محسوب می شود) و برای سایر ایستگاه ها ماهانه انجام شد. نقشه جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱: نقشه جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در حوضه آبریز رودخانه سیروان-سنندج (۱۴۰۳-۱۴۰۲).

برای نمونه‌برداری از زئوپلانکتون، در هر یک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری ۶۰ لیتر آب توسط تور مخروطی پلانکتون با دهانه ۲۵ سانتی متر و چشمه ۵۰ میکرون فیلتر شد. نمونه‌ها در ظروف شیشه‌ای با فرمالین ۴ درصد تثبیت شدند

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

(Wetzel and Likens, 1991). نمونه های زئوپلانکتونی جهت بررسی کیفی و کمی به آزمایشگاه منتقل شده و پس از گذراندن مرحله ی تغلیظ ، توسط پیپت استمپل با حجم ۰/۵ سانتی متر مکعب روی لام شمارش Bogarov و در زیر میکروسکوپ وارونه (Invert) بررسی شدند (Postel *et al.*, 2000). شناسایی زئوپلانکتون‌ها با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر انجام شد (Boltovskoy, 2000 Kuticova, 1970; Manolova, 1964;).

در ارزیابی‌های زیستی ساختار هر جامعه زنده، اغلب از تنوع موجودات اکوسیستم استفاده می‌شود، شاخص تنوع شانون (Shannon-Wiener) یکی از فاکتورهای ارزیابی ساختار جمعیت می‌باشد که از ترکیبی از غنا و جمعیت گونه‌ها تأثیر می‌پذیرد. در این مطالعه شاخص شانون با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شده است (Shannon and Wiener, 1949) و کلاسه‌بندی کیفی آب بر اساس این شاخص طبق جدول ۱ انجام‌شده است (Mason, 1982).

رابطه۱) $$Pi = \frac{ni}{N}$$

رابطه۲) $$H' = -\sum_{i=1}^{S}(P_i LnP_i)$$

ni فراوانی هر گونه و N فراوانی کل می باشد.

جدول ۱: دامنه طبقه های کیفی شاخص شانون.

ویژگی نوع منبع آب	محدوده شاخص
آلودگی زیاد	۱-۰
آلودگی متوسط	۳-۱
تمیز	>۳

شاخص ساپروبی نشان‌دهنده کیفیت آب و آلودگی مواد آلی است. در این مطالعه شاخص ساپروبی بر مبنای عدد ساپروبی و جمعیت هر یک از گونه‌های شاخص زئوپلانکتون و طبق رابطه ۲ محاسبه شد. طبقه‌بندی کیفی نتایج حاصله طبق جدول ۲ انجام شد (Sladecek, 1973 ؛Pantle and Buck, 1955).

رابطه۳) $$2- S = \Sigma (s.hi)/ \Sigma (hi)$$

S: ارزش ساپروبیک انفرادی هرگونه

hi: فراوانی ظهور هرگونه

جدول ۲. دامنه طبقه های کیفی شاخص ساپروبی.

نوع کلاسه کیفی	محدوده	ویژگی نوع منبع آب
اولیگو ساپروب	۱-۱/۵	آلودگی کم
بتا مزوساپروب	۱/۲-۵۱/۵	آلودگی متوسط
آلفا مزوساپروب	۲/۳-۵۱/۵	آلودگی شدید
پلی ساپروب	۳/۴-۵۱	آلودگی خیلی شدید

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه بیست و دوم انجام گرفت. کلیه اطلاعات نرمال شده (انتقال‌یافته با روش لگاریتم) به‌وسیله آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و تست دانکن برای مقایسه میانگین‌ها مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

نتایج

آنالیز اطلاعات کیفی و کمی زئوپلانکتون‌ها در ماه‌های مختلف طی زمان نمونه‌برداری حاکی از حضور ۴ شاخه و رده روتیفرا (Rotifera)، کلادوسرا(Cladocera) ، سیلیوفورا (Cilliophora) و کوپه پودا(Copepoda) ، ۱۲گونه، ۱۱جنس و ۱ خانواده بود، که ۸ گونه، ۳ جنس و ۱ خانواده از شاخه Rotifera (۵۰ درصد) ، ۳ گونه و ۴ جنس از شاخه Cilliophora (۲۹ درصد) ، ۲ گونه از راسته Cladocera (۸ درصد) و ۳ جنس از زیر رده Copepoda (۱۳ درصد) بودند، لیست تاکسون‌ها به همراه گونه‌های زئوپلانکتونی غالب هر ایستگاه (بر مبنای فراوانی و تراکم نسبی) در جدول ۳ آمده اند.

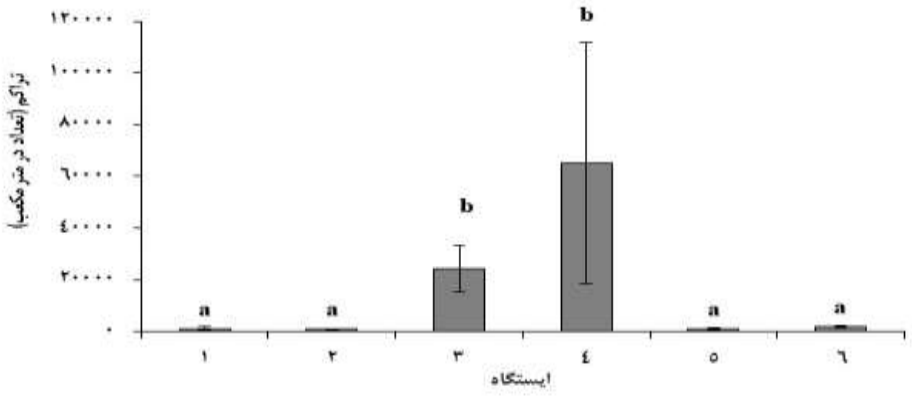
جدول۳. حضور و عدم حضور زئوپلانکتون ها در ایستگاه های نمونه برداری (گونه های غالب در هر ایستگاه با عدد مشخص شده است).

ایستگاه	۱	۲	۳	٤	٥	٦
گونه						
Epistylis sp.	❋	❋	❋	❋	۵❋	❋
Vorticella similis	❋	۲❋	۳❋	۴❋	❋	۶❋
Tintinnopsis lacustris	❋	۲❋	❋	❋	❋	❋
Tintinnidium fluviatile	–	–	❋	–	–	❋
Paramecium sp.	-	❋	❋	❋	❋	❋
Centropyxis sp.	-	-	-	-	-	❋
Amoebozoa sp.	-	-	-	-	-	❋
Cilliophora						
Bdelloid rotifer	❋	۲❋	❋	❋	❋	۶❋
Gastropus sp.	❋	❋	❋	❋	❋	❋
Lecane luna	۱❋	۲❋	❋	❋	❋	❋
Lepadella sp.	-	❋	-	-	❋	❋
Rhinoglena frontalis	-	-	❋	❋	-	❋
Brachionus calciflurus	❋	❋	❋	❋	❋	❋
Barchionus urceolaris	❋	❋	-	-	❋	❋
Polyarthra sp.	-	❋	-	❋	-	❋
Asplanchna priodonta	❋	❋	❋	❋	❋	❋
Keratella cochlearis	-	❋	❋	❋	❋	❋
Keratella quadrata	❋	–	❋	❋	❋	❋
Euclanis dilatata	۱❋	❋	❋	❋	۵❋	۶❋
Rotifera						
Daphnia magna	-	❋	-	❋	❋	❋
Bosmina coregoni	❋	❋	❋	❋	❋	❋
Cladocera						
Mesocyclops sp.	-	❋	❋	❋	-	❋
Cyclops sp.	❋	❋	-	❋	❋	❋
Diaptomus sp.	-	-	-	❋	-	❋
Copepoda						

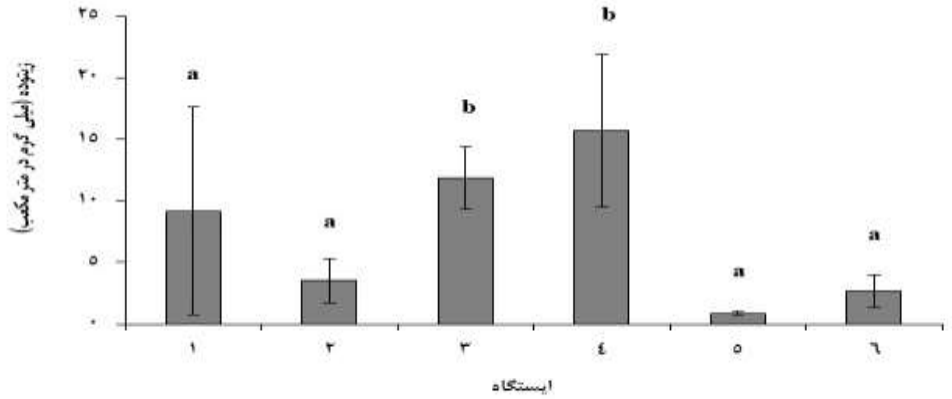
محاسبه میانگین مکانی اطلاعات به دست آمده از تراکم زئوپلانکتون‌ها طی یک سال نمونه برداری شامل: ۷۹۶ ±۱۲۸۱ عدد در مترمکعب در ایستگاه ۱ ، ۳۳۱ ±۹۳۲ عدد در مترمکعب در ایستگاه ۲، ۹۰۱۴ ±۲۴۴۸۱ عدد در مترمکعب در ایستگاه ۳، ۴۶۶۵۷ ±۶۵۰۹۸ عدد در مترمکعب در ایستگاه ۴، ۴۱۵ ±۱۰۸۴ عدد در مترمکعب در ایستگاه ۵ و ۶۱۵ ±۱۹۳۷ عدد در مترمکعب در

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

ایستگاه ۶ بودند. همچنین میانگین مکانی زی توده زئوپلانکتون‌ها نیز طی یک سال نمونه برداری شامل: ۸/۴۳ ±۹/۱۷ میلی گرم در مترمکعب در ایستگاه ۱ ، ۱/۷۹ ±۳/۵۳ میلی گرم در مترمکعب در ایستگاه ۲، ۲/۵۳ ±۱۱/۸۴ میلی گرم در مترمکعب در ایستگاه ۳، ۶/۲۳ ±۷۱/۱۵ میلی گرم در مترمکعب در ایستگاه ۴، ۰/۱۱ ±۰/۸۶ میلی گرم در مترمکعب در ایستگاه ۵ و ۱/۳۳ ±۲/۶۷ میلی گرم در مترمکعب در ایستگاه ۶ بودند (شکل‌های ۲و ۳).



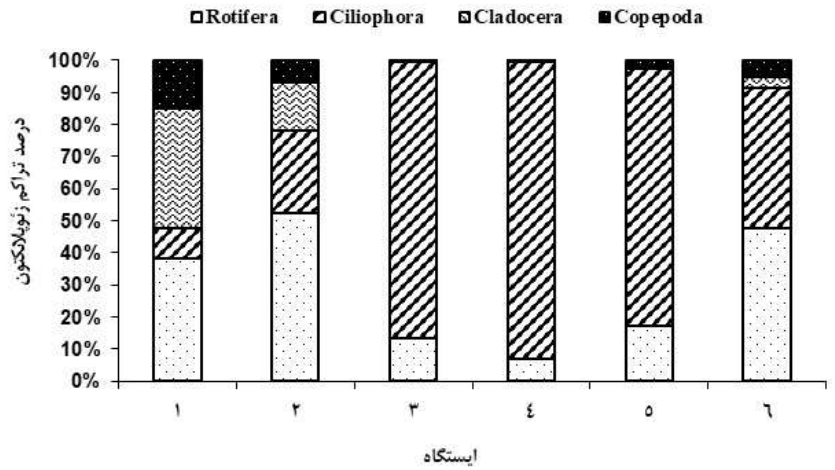
شکل ۲. میانگین تراکم زئوپلانکتون ها در ایستگاه های نمونه برداری طی سال ۱۴۰۲-۱۴۰۳ (حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنادار است).



شکل ۳. میانگین زی توده زئوپلانکتون ها در ایستگاه های نمونه برداری طی سال ۱۴۰۲-۱۴۰۳ (حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنادار است).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

بررسی سهم هر یک از شاخه های زئوپلانکتونی در ایستگاه های نمونه برداری حاکی از سهم بیشتر شاخه Rotifera در ایستگاه های ۱ (۳۸ درصد)، ۲ (۵۳ درصد) و ۶ (۴۷ درصد) بود. شاخه Ciliophora بیشترین درصد تراکم را در ایستگاه های ۳ (۸۶ درصد)، ۴ (۹۳ درصد) و ۵ (۸۰ درصد) داشت (شکل ۴).

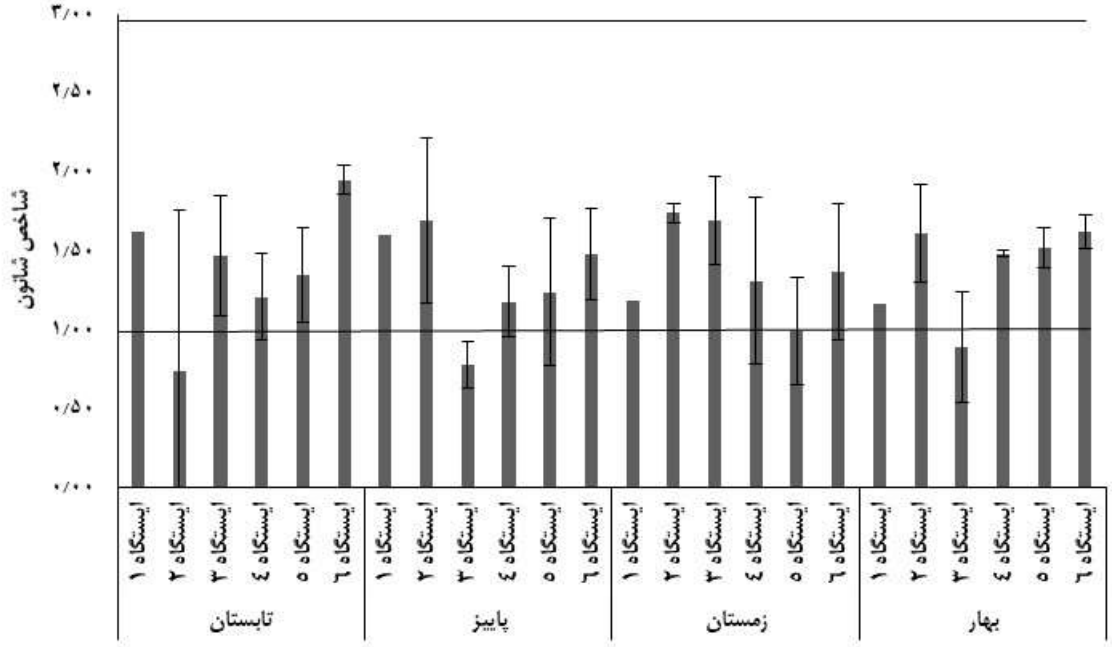


شکل ٤. درصد تراکم زئوپلانکتون ها در ایستگاه های نمونه برداری طی سال ۱٤۰۲-۱٤۰۳.

آنالیز واریانس نتایج به دست آمده از بررسی تراکم زئوپلانکتون ها حاکی از تفاوت معنادار بین ایستگاه‌ها بود. آزمون دانکن این تمایز را در ایستگاه های ۳ و ۴ نشان داد ($p<$ ۰/۰۵) (شکل ۲). آنالیز واریانس مکانی تراکم شاخه‌های متفاوت زئوپلانکتون‌ها نشان داد که تراکم راسته Cladocera و زیررده Copepoda تفاوت معناداری بین ایستگاه‌ها نداشته اند ($p\geq$ ۰/۰۵) ، اما شاخه‌های Rotifera و Ciliophora طبق آزمون دانکن در ایستگاه‌های ۳ و ۴ تفاوت معناداری نشان دادند ($p<$ ۰/۰۵) . آنالیز زمانی تراکم زئوپلانکتون‌ها تفاوت معناداری نشان نداد ($p\geq$ ۰/۰۵) ، تنها در ایستگاه ۴ در فصل زمستان که بیشتر متاثر از ماه اسفند بود تفاوت معناداری دیده شد. در ماه اسفند افزایش تراکم Ciliophora (به ویژه گونه‌ی *Vorticella similis*) در ایستگاه ۴ تفاوت معناداری را با سایر ماه‌های نمونه‌برداری به وجود آورد. آنالیز واریانس مکانی زیست توده زئوپلانکتون‌ها نیز حاکی از متمایز بودن ایستگاه‌های ۳ و ۴ بود ($p<$ ۰/۰۵) (شکل۳).

نتایج حاصل از محاسبه شاخص تنوع شانون در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که بیشترین میانگین شاخص تنوع در طول مدت نمونه‌برداری به ایستگاه ۶ در فصل تابستان (۱/۹۵) و کمترین آن به ایستگاه ۲ (۰/۷۴) در فصل تابستان تعلق داشت (شکل ۵)، البته ایستگاه ۳ نیز در فصول پاییز و بهار مقادیر شاخص کمتر از ۱ (۰/۷۸ و ۰/۸۹) را نشان داد (آلودگی زیاد) در حالیکه میانگین شاخص شانون در ایستگاه ۲ فقط در فصل تابستان به کمتر از ۱ رسید. همچنین محدوده این شاخص در ایستگاه ۱ بین ۱/۱۶ تا ۱/۶۲ بود. آنالیز آماری نتایج شاخص شانون حاکی از عدم وجود تفاوت معنادار میان ایستگاه‌ها بود ($p\geq$ ۰/۰۵) که نشان می دهد شرایط آلودگی در طول این رودخانه در طول سال وضعیت پایداری (آلودگی متوسط) را داشته است.

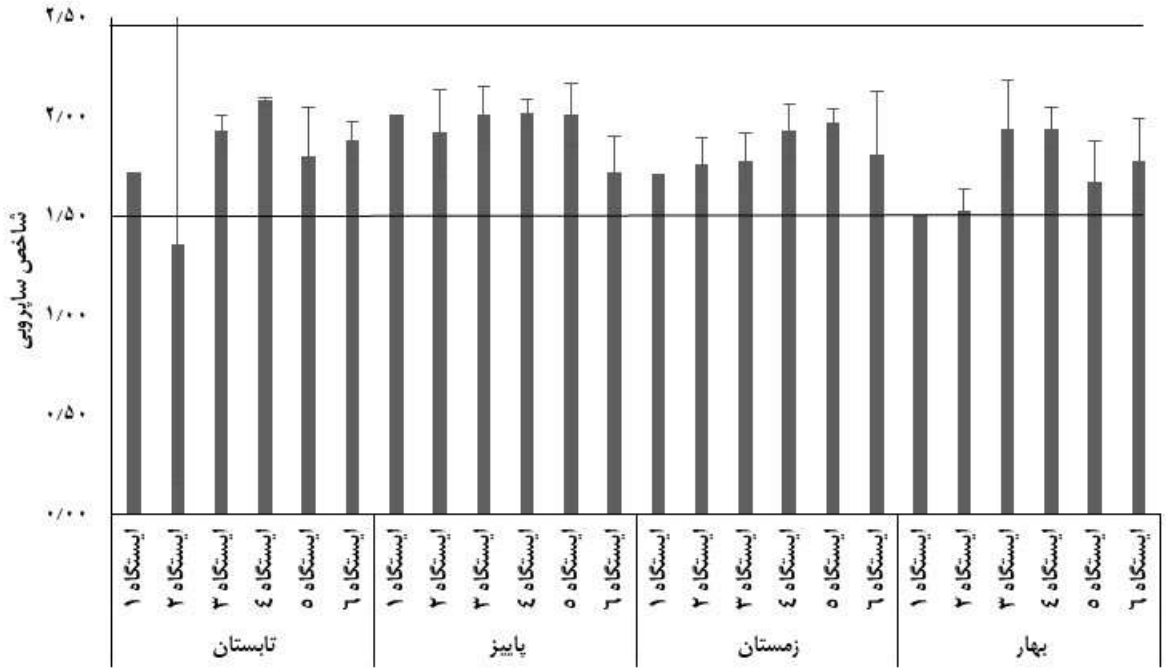
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]



شکل ٥. تغییرات شاخص تنوع شانون در ایستگاه های مختلف (١٤٠٣-١٤٠٢)
(بین دو خط استاندارد: آلودگی متوسط و زیر خط استاندارد: آلودگی زیاد)

شاخص ساپروبی بر مبنای زئوپلانکتون‌های موجود در ایستگاه‌های مختلف طی مدت زمان نمونه برداری در محدوده ۱/۳۶ تا ۲/۰۸ قرار گرفت . بیشترین میانگین مقدار در ایستگاه ۴ در فصل تابستان وکمترین آن در ایستگاه ۲ در همان فصل مشاهده شد. محاسبه شاخص ساپروبی در ایستگاه‌های مختلف این مطالعه نشان داد که به غیر از ایستگاه ۲ در فصل تابستان (شرایط الیگومزوساپروب یا آلودگی کم) ، همه‌ی ایستگاه‌ها در همه فصول سال، بر مبنای ارزش ساپروبی و تراکم زئوپلانکتون‌ها در کلاسه کیفی بتا مزوساپروب (آلودگی متوسط) قرار گرفتند (شکل ۶).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]



شکل ٦. تغییرات شاخص ساپروبی در ایستگاه های مختلف (۱٤۰۳-۱٤۰۲)
(بین دو خط استاندارد: شرایط بتا مزوساپروب (آلودگی متوسط)).

بحث

در اکوسیستم‌های آبی تحلیل‌های اکولوژیک به‌طورمعمول بر اساس حضور گونه‌های مختلف می‌باشد که نشان‌دهنده پاسخ آن‌ها به عوامل محیطی است (Zhang *et al*., 2020). زئوپلانکتون‌ها به‌عنوان تولیدکننده ثانویه در اکوسیستم‌های آبی می‌توانند به‌طور مؤثر به تغییرات محیطی پاسخ دهند(Cai *et al*., 2020Azevedo *et al*., 2015 ;). طبق نتایج این مطالعه در حوضه آبریز سرشاخه‌های رودخانه سیروان، بیشترین غنای گونه‌ای در Rotifera مشاهده شد (۵۰ درصد). آنالیز نتایج تراکم و زی توده زئوپلانکتون‌ها حاکی از تفاوت معنادار دو ایستگاه ۳ و ۴ با سایر ایستگاه‌ها بود که این تمایز در مطالعه قبلی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) بر شاخه‌های اصلی این رودخانه نیز مشاهده شد(Rahmati *et al*., 2023)،مقادیر شاخص تنوع شانون در این مطالعه طی فصول مختلف نمونه‌برداری در محدوده‌ی ۱/۹۵-۰/۷۴ بود. میانگین مقادیر شاخص شانون طی مدت نمونه‌برداری نشان دهنده وضعیت ثابت آلودگی متوسط در اغلب ایستگاه‌ها بود (شکل ۵) همچنین ایستگاه ۳ هم در مطالعه کنونی و هم در مطالعه سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ دارای میانگین شاخص شانون ۱/۲۱ (آلودگی متوسط) بود ، ایستگاه ۴، اما در مطالعه کنونی (۱/۳۰) افزایش میانگین این شاخص را نسبت به مطالعه قبلی (۱/۰۴) نشان داد که حاکی از ارتقای وضعیت کیفی آب در این ایستگاه می باشد ، اگر چه ، طبق کلاسه‌بندی شاخص شانون، همچنان شرایط کیفی آب ، آلودگی متوسط است (Rahmati *et al*., 2023). بالاترین میانگین شاخص شانون طی نمونه‌برداری در ایستگاه ۶ مشاهده شد، اما این شاخص بین ایستگاه‌ها طی سال تفاوت معناداری را نشان نداد (۰/۰۵ $p<$)

و با توجه به مقادیر آن می‌تواند حاکی از پایداری آلودگی آلی در طول سرشاخه‌های این رودخانه طی سال و اثرات آن بر تنوع‌گونه‌ای زئوپلانکتون‌ها باشد . مقادیر شاخص آلودگی آلی ساپروبی در این مطالعه طی فصول مختلف نمونه‌برداری در محدوده‌ی ۲/۰۸-

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

۱/۳۶ بود. میانگین مقادیر شاخص ساپروبی طی مدت نمونه‌برداری نشان‌دهنده وضعیت ثابت آلودگی متوسط در همه ایستگاه‌ها بود (شکل ۶). ایستگاه‌های ۳ و ۴ که در مطالعه سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ از لحاظ وضعیت ساپروبی در شرایط آلفا مزوساپروب (آلودگی زیاد) بودند ، در مطالعه کنونی با کاهش میانگین مقادیر شاخص به وضعیت بتامزوساپروب (آلودگی متوسط) رسیدند (Rahmati *et al*., 2023). بررسی‌های کمی زئوپلانکتون‌ها نشان داد که برخی از گونه‌های شناسایی‌شده به‌ویژه از گروه Ciliophora جمعیت بالایی از زئوپلانکتون‌ها در ایستگاه‌های ۲، ۳ ، ۴ و ۶ را در برداشتند (*Vorticella similis*) و جنس دیگری از آن‌ها (*Epistylis* sp.) از تاکسون‌های غالب ایستگاه ۵ بود و تنها در ایستگاه ۱ که در بالادست رودخانه قرار داشت ، Ciliophora غالبیت نداشتند. Ciliophora نسبت به سایر ارگانیسم‌ها به آلودگی‌های محیطی به دلیل نرخ تولیدمثل بالا، حساسیت و تنوع نیچ‌های اشغال نموده ، سریع‌تر پاسخ می‌دهند (Shariati *et al*., 2011). مژه‌داران به‌عنوان یکی از شاخص‌های زیستی آلودگی آلی در رودخانه‌ها پیشنهاد می‌شوند و مقاومت بالایی در شرایط سخت از خود نشان می‌دهند(Komala and Nurfitriana, 2021). دو گونه از Ciliophora که در این مطالعه در اکثر ایستگاه‌ها به‌ویژه ایستگاه‌های ۳ و ۴ جمعیت بالایی را نشان داده‌اند، *Epistylis* sp. و *Vorticella similis* بوده‌اند. فرم زندگی آن ها به‌صورت چسبیده و نوع تغذیه هر دو باکتری‌خواری است و از لحاظ درجه ساپروبی (سیستم شاخص آلودگی‌های آلی) در اکثر محیط‌های آبی نشان‌دهنده شرایط آلفا (آلودگی شدید) و بتامزوساپروب (آلودگی متوسط) می‌باشد (Weisse *et al*., 2021 ؛Li *et al*., 2017). گونه *Vorticella similis* تنها تاکسون غالب در ایستگاه‌های ۳ و ۴ بود ، به ویژه غالبیت آن در ایستگاه ۳ که در دو فصل سال (پاییز و بهار) شاخص تنوع بسیار پایینی (زیر ۱) را نشان داده است (با محدوده ساپروبی (۲/۰۱-۱/۷۸)) واکنش به آلودگی‌های آلی است. در ماه اسفند افزایش تراکم گونه‌ی *Vorticella similis* در ایستگاه ۴ تفاوت معناداری را با سایر ماه‌های نمونه برداری به وجود آورد که می‌تواند به دلیل مقاومت به‌ویژه Ciliophora در شرایط سخت باشد و درواقع حضور و جمعیت بالای آن‌ها نشان‌دهنده هم فشارهای محیطی و هم انسانی به منطقه موردنظر است (Cavan *et al*., 2017؛ Guggiari and Peck, 2008). اما یکی از گروه‌های مهم زئوپلانکتونی در نیمی از ایستگاه‌ها که بیشترین غنای گونه‌ای را نیز داشتند، Rotifera بود. Rotifera به‌طور مشخص بی‌مهرگان هوازی می‌باشند و شرایط لیمنوساپروبی (آلودگی آلی کمتر) و نه شرایط یوساپروبی نظیر فاضلاب‌های شهری یا صنعتی را نشان می‌دهند (Wan *et al*., 2021؛ Kim *et al*., 2014). لذا ایستگاه ۱ که تقریباً به‌عنوان ایستگاه شاهد در نظر گرفته‌شده است تنها ایستگاهی بود که هر دو گونه ی غالب آن از Rotifera بود. اما نکته‌ی قابل‌توجه در گروه Rotifera در این مطالعه حضور Bdelloidae (شاخص وضعیت بتامزوساپروب) در همه ایستگاه‌های نمونه‌برداری بوده است. این نمونه در هر ۶ ایستگاه مشاهده شد ودر ایستگاه های ۲ و ۶ از تاکسون‌های غالب بود. Bdelloidae به‌عنوان ارگانیسم‌های مقاوم در برابر عوامل نامطلوب شناخته می‌شوند. آن‌ها به دلیل حساسیت خاص خود می‌توانند به‌عنوان یک شاخص اکولوژیک جهت ارزیابی زیست‌محیطی کیفیت آب مورداستفاده قرار گیرند (Garcia *et al*., 2017؛ Komijov *et al*., 2016). عملکرد دفاعی Bdelloidae در محیط‌های ناپایدار و سخت ، تعلیق حرکتی است و موجودات زنده در پاسخ به شرایط سخت وارد آن می‌شوند. Bdelloidae در این حالت از لحاظ مرفولوژیکی سطوحشان را کاهش می‌دهند و نرخ تبخیر را کنترل می‌کنند (Marotta *et al*., 2010). همچنین بدلوئیدها می‌توانند در مراحل مختلف رشد اعم از جنین، جوونایل و بلوغ وارد این مرحله شوند (Radzikowski, 2013). سخت‌پوستان (Cladocera و Copepoda) در این مطالعه، با توجه شرایط پایدار آلاینده‌های آلی در مسیر حوضه آبریز سرشاخه‌های رودخانه جمعیت قابل‌توجهی را در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در این مطالعه نشان نداده است، این گروه به ویژه در ایستگاه ۳ حضور بسیار کم رنگی داشت . ایستگاه ۶ که در نزدیکی مخزن سد قرار دارد، بیشترین میانگین شاخص تنوع را در بین ایستگاه‌ها داشته است، همچنین درصد جمعیت روتیفرا در آن بالا بود، اما خود پالایی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

نامناسب و تجمع مواد آلی صنعتی، کشاورزی و انسانی ورودی به این حوضه همچنان موجب عدم حضور گونه‌های متنوع‌تر از زئوپلانکتون‌ها گشت. اغلب گونه‌های شناسایی‌شده در طول حوضه آبریز سرشاخه‌های این رودخانه، دارای عدد ساپروبی (۲/۵-۱/۵۱) و بتا مزوساپروب (آلودگی متوسط) بودند. گونه‌های غالب ایستگاه‌ها چون *Epistylis* sp.، *Vorticella similis*، *Tintinnopsis lacustris*، Bdelloid rotifer، *Lecane luna* و *Euclanis dilatata* که درصد بالایی از جمعیت را نیز در ایستگاه‌های مختلف طی مدت نمونه‌برداری تشکیل دادند، ازنظر عدد ساپروبی در محدوده ۳- ۱/۵ (بتا –آلفا مزوساپروب) قرار گرفتند (Kulas *et al*.,2021). در مطالعه Kamali Sanzighi وMousavi Nadushan (۲۰۱۵) نیز ۲۷ گونه از گروه‌های زئوپلانکتونی مشابه مطالعه حاضر شناسایی شد که با در نظر گرفتن درصد فراوانی گونه‌های غالب (به‌ویژه Eucyclops، Cyclops، Brachionus و Daphnia)، شاخص ساپروبی در ایستگاه‌های مختلف بین ۱/۳۸ تا ۱/۸۷ (الیگو-بتا مزوساپروب) محاسبه شد.

نتیجه‌گیری

کاهش شاخص ساپروبی زئوپلانکتون در ایستگاه های ۳ و ۴ در این مطالعه نسبت به مطالعه قبلی (۱۴۰۰-۱۳۹۹) حاکی از قرار گرفتن رودخانه در مسیر خود پالایی طبیعی بود ، اما همچنان محاسبه این شاخص به‌عنوان شاخص کیفیت آب و آلودگی مواد آلی، شرایط آلودگی پایداری را نشان داد . همچنین میانگین شاخص شانون نیز در طول سال نمایانگر وضعیت آلودگی متوسط در ایستگاه‌ها بوده است . ورود پساب‌های تصفیه‌خانه ، کشاورزی و خانگی، تأثیرات نامطلوبی را بر تنوع زئوپلانکتون‌ها در این حوضه آبریز گذاشته است. بررسی وضعیت کلی کیفیت آب در ایستگاه‌های تعیین‌شده حاکی از ثبات آلودگی آلی در طول مسیر این رودخانه حتی در قسمت بالادست (ایستگاه ۱) است، لذا پیشنهاد می شود شرایط مناسب برای کاهش ورود پساب‌های تصفیه‌خانه، صنعتی، کشاورزی و خانگی ، رعایت استاندارد تخلیه فاضلاب تا حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست، ارتقا تاسیسات تصفیه فاضلاب و کاهش آسیب های ناشی از آلودگی ها نظیر کاشت گیاهان در ساحل رودخانه فراهم شود.

سپاسگزاری

از موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور و پژوهشکده اکولوژی دریای خزر ساری که شرایط لازم برای انجام این مطالعه را فراهم نمودند، سپاسگزاری می نماییم. این مطالعه بخشی از پروژه بررسی تراکم، زی‌توده و تنوع زیستی جوامع پلانکتونی (فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون) و پریفیتون رودخانه سیروان (سد ژاوه- سنندج) با کد مصوب ۰۲۰۸۵۳-۰۲۰۴۶-۱۰۵-۱۲-۷۶-۱۴ می‌باشد.

References

Azevedo, D. J. S., Barbosa, J. E .L., Gomes, W. I. A., Porto, D. E., Marques, J. C. and Molozzi, J., 2015. Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: Contradictory or complementary responses. Ecological Indicators, pp.135-149.https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.10.010

Boltovskoy, D., 2000. South Atlantic zooplankton. Netherlands: Backhuys publisher.

Cadjo, S., Miletic, A. and Djurkovic, A., 2007. Zooplankton of the Potpec reservoir and the saprobiological analysis of water quality. *Desalination*, 213: 24-28. https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.05.066

Cai, W., Xia, J., Yang, M., Wang, W., Dou, C., Zeng, Z., Dong, S. and Sheng, L., 2020. Cross-basin analysis of freshwater ecosystem health based on a zooplankton based index of biotic integrity: models and application, *Ecological Indicators*, 114: 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106319

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

Cavan, E. L., Henson, S. A., Belcher, A. and Sanders, R., 2017. Role of zooplankton in determining the efficiency of the biological carbon pump. *Biogeosciences*, 14(1): 177-186. https://doi.org/10.5194/bg-14-177-2017

Ekpo, I., 2013. Effect of phisico-chemical parameters on zooplankton species and density of a tropical rainforest river in Niger Delta, using canonical cluster analysis. *The International Journal of Engineering and Science*, 2(4): 13-21.

Garcia, P. E., Garcia, R. D., Marinone, M. C., Casa, V., Gonzalez, G. and Mataloni, G., 2017. Aquatic micro invertebrate abundance and species diversity in peatbogs of Tierra del Fuego (Argentina). *Limnology*, 18: 85-96. https://doi.org/10.1007/s10201-016-0492-9

Guggiari, M. and Peck, R., 2008. The Bacteriophorus ciliate cyclidium glaucoma Isolated from a sewage treatment plant: Moleculer and Cytologycal Description for Bracoding. *European Journal of Protistology*, 44(3): 168-180. https://doi.org/ 10.1016/j.ejop.2007.11.004

Jindal, R. and Vatsal, P., 2005. Plankton as biomonitors of saprobity. *Aquacult*, 6(1): 11-16.

Kamali Sanzighi, M. & Mousavi Nadushan, R., 2015. Assessment of zooplankton communities and saprobic indices in carp rearing ponds (case study: eastern Golestan Province, Gonbad-e Kavus). Iranian Scientific *Journal of Fisheries*, 1: 151–161.

Kim, H.J., Sawadam C., Rhee, J. S., Lee, J. S., Suga, K. and Hagiwara, A., 2014. Nutritional effects on the visual system of the rotifer B.plicatilis sensu strict(Rotifera: Monogononta*). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 460: 170-183. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2014.07.005

Komala, R. and Nurfitriana, D., 2021.Organic pollution detection based on protozoa saprobity index at Bojonegara waters of Banten Bay. *Material Science and Engineering*, 1098: 1-6. https://doi.org/10.1088/1757-899X/1098/5/052057

Komijov, R., Measev, G. J. and Moss, B., 2016. The structure of the littoral: effects of waterlily density and perch predation on sediment and plant-associated macroinvertebrate community. *Freshwater Biology*, 61: 32-50. https://doi.org/ 10.1111/fwb.12674

Kulas, A., Gulin, V., Matoničkin Kepčija, R., Zutini, C., Serti, M., Orli, S., Kajan, K., Lentendu, G., Canjevac, I., Matini, I. and Gligora, M., 2021. Ciliates (Alveolata, Ciliophora) as bioindicators of environmental pressure: A Karstic river case. *Ecological Indicators,* 124: 1–12. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107430.

Kuticova, L. A., 1970. Rotatoria. Mosco: Leningrad. 744p. (in Russion).

Li, Y. D., Chen, Y., Wang, L., Yao, L., Pan, X. M. and Lee, D. J., 2017. Pollution tolerant protozoa in polluted wetland. *Bioresource Technology*, 240: 115-122. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.097

Manolova, E. Q. 1964. Cladocera. Mosco: Leningrad. 326p. (in Russion).

Marotta, R., Leasi, F., Uggetti, A., Ricci, C. and Melone, G., 2010. Dry and survive: Morphological changes during anhydrobiosis in a bdelloid rotifer. *Journal of Structural Biology*, 171: 11-17. https://doi.org/ 10.1016/j.jsb.2010.03.012

Mason, C. F., 1982. Biology of freshwater pollution. 2nd edition, Longman, London, 250pp.

Pantle, R. and Buck, H., 1955. Die biologische Uberwachung der Gewasser und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas Wasserfach*, 96:604.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]

Parveen, S., Hesham, R. and Mola, A., 2013. Comparison of physical-chemical parameters and zooplankton diversity in two perennial ponds at Aligarh, India. *Journal of Environmental Biology*, 34(4): 709-716.

Postel, L., Fock, H. and Hagen, W., 2000. Biomass and abundance. In: Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H. R. and Huntley, M. (Eds.), *Zooplankton Methodology Manual*. Academic Press, San Diego, pp. 83-192.

Radzikowski, J., 2013. Resistance of dormant stages of planktonic invertebrates to adverse environmental conditions. *Journal of plankton Research*, 35(4): 707-723. https://doi.org/10.1093/plankt/fbt032

Rahmati, R., Nasrollahzadeh Saravi, H., Naderi Jelodar, M., Ṣafari Isakhandaghi, R., Afraei Bandpei, M.A., Rowshan Tabari, M., Khodaparast, N., Makhlough, A., Rouhi, A., Rezaei, M., Ahmadnejad Chehreh, A., Ebrahimzadeh, M. & Gashtasbi, R., 2023. Assessment of Water Quality in the Sirvan River (Kurdistan) with Emphasis on Zooplanktonic Biological Indices for the Construction of the Zhaveh Reservoir Dam. Scientific-Technical Report, Iranian Fisheries Science Research Institute, Accession Number: 63788(In Persian)

Shannon, C. E. and Wiener, W., 1949. The mathematical theory of communication, by CE Shannon (and recent contributions to the mathematical theory of communication), W. Weaver. Champaign, IL, USA: University of illinois Press.

Shariati, S. R. P., Bonakdrpour, B., Zare, N. and Ashtiani, F. Z., 2011. The effect of hydraulic retention time on the performance and fouling characteristics of membrane sequencing batch reactors used for the treatment of synthetic petroleum refinery wastewater. *Bioresource Technology*, 102: 7692-7699. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.05.065

Sladecek, V., 1973. System of water quality from the biological point of view. *Archive Hydrobiology Beih Ergebn limnology*, (3);218.

Wan, X., Yang, T., Zhang, Q., Wang, W. and Wang, Y., 2021. Joint effects of habitat indexes and physic-chemical factors for freshwater basin of semi-arid area on plankton integrity- A case study of the Wei River basin, *China. Ecological Indicators*, 120: 1-11.

https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106909

Weisse, T., Jezberova, J. and Moser, M., 2021. Picoplankton feeding by the ciliate Vorticella similis in comparison to other peritrichs emphasizes their significance in the water purification process. *Ecological Indicators*, 121: 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107041

Wetzel, R. G. and Likens, G. E., 1991. *Limnological analysis*. New York USA: Springer-Verlag.

Yermolaeva, N. and Dvurechenskaya, S., 2016. Developing the regional indicator indexes of zooplankton for water quality class determination of water bodies in Siberia. *In Novel methods for monitoring and managing land and water resources in Siberia* (pp. 157-183). Springer, Cham. https://doi.org/ 10.1007/978-3-319-24409-9-11

Zhang, Y., Ban, X., Li, E., Wang, Z. and Xiao, F., 2020. Evaluating ecological health in the middle-lower reaches of the Hanjiang river with cascade reservoirs using the planktonic index of biotic integrity(P-IB). *Ecological Indicatores*, 114: 1-14. 10.1016/j.ecolind.2020.106282

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-23]